opera
Osaka Prefecture University
Education and Research Archives
大阪府立大学 学術情報リポジトリ

Title	マイコンによる音声入出力装置の試作
Author(s)	高橋, 文彦; 黒田, 芳郎
Citation	大阪府立工業高等専門学校研究紀要, 1985, 19, p.57-64
Issue Date	1985-10-15
URL	http://hdl.handle.net/10466/13235
Rights	

http://repository.osakafu-u.ac.jp/dspace/

マイコンによる音声入出力装置の試作

An Input/Output Device for Voice with Microcomputer

高 橋 文 彦* 黒 田 芳 郎*
Fumihiko TAKAHASHI* Yoshiro KURODA*

（昭和60年4月10日受理）

あらまし

音声の研究には，コンピュータへの音声入出力装置は欠かせないものでもあるが，一般にミニコン以上の大きさの機械が必要で高価である。筆者らは，16ビットマイコン・PC-9801（NEC）を主体にして，音声データの収録と，音声としての出力が自由に行える音声入出力装置を試作して好結果を得た。マイクから入力された音声波形は，12ビットのA/D変換器を介して，マイコンのメモリ上にとり込まれる。この波形を逆に，D/A変換器を介して元の音声として復元することもできるし，ディスプレイ上の画面を見ながら加工・編集して音声を再生することもできる。また，独自に計算処理によって合成された波形を音声として試聴することも可能である。音声は12ビットでディジタル化されているため再生音は良好で，ほぼ原音声に近く，個人の声色を明瞭に聴き分けることができる。

1. まえがき

音声の研究は，ここ数年来急速に進展し，これらの研究の成果が各種の“音声”製品として市場に出まわるようになってきた。これら“しゃべる機械”は，自動販売機，カメラ，電子レンジ，時計など急速に用途を広げている。これらはまずPARCOR方式で音声を分析し情報圧縮してLSIに書き込んでおき，命令によって必要な部分をとり出して再合成する方式である。

一方，音声認識の研究もかなり進んでいる。予め学習を必要とはするが，同一話者で100単語程度は，ほぼリアルタイムで認識できるようになり，アンプ，フィルター，認識機構などを一枚の基板に組み込んだものが市販されている。

このように音声の研究は，合成，認識とも相当程度進んで来てはいるが，合成音は自然性の面でいまひとつの感があり，また認識ではパターンマッチング法を主体とするため，われわれの理想とする，多数話者の場合の認識には，ほど遠いのが現状である。

今回試作した装置は，音声波形をそのまま記録する機能と，それらを分析・加工して再出力する機能をもつもので，通常大型の機械を必要とするものであるが，これをマイコンで実現し音声入力→加工→再生の過程を手軽に実現できるように工夫したものである。

2. システム構成

この装置の主な構成は，16ビットマイコン PC-9801(NEC) を主体にし，入力部はこれにマ

*電気工学科（Department of Electrical Engineering）

図1　音声入出力装置の外観

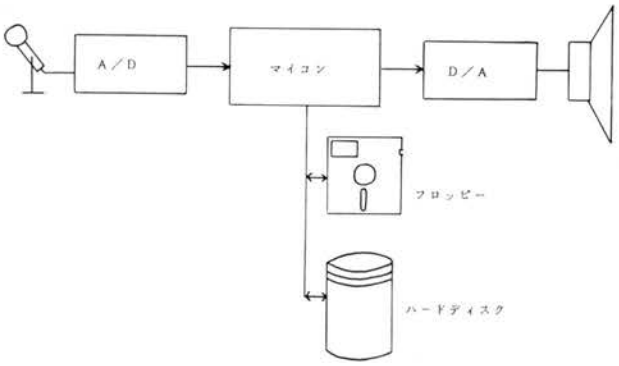


図2　システム構成のブロック図

表1　構成機器の性能概要

パーソナルコンピュータ	PC-9801　　NEC
CPU	μPD8086（5MHZ）＋PC-9806（8087協調プロセッサ）
RAM	内蔵 128KB　　増設 256KB　　VRAM 104KB
入/出力	キーボード/プリンタ（エプソン RP-80F/T）
デイスプレイ	高解像度カラー14型
FDD	8インチ型両面倍密度　1MB×2ドライブ
ハードディスク	FD-1020N　　ICM㈱
容　量	20.31MB
転 送 速 度	625KB/S
高速 A/D 変換インターフェイス	AD12-16(98)　　コンテック㈱
変 換 方 式	逐次比較方式 分解能 12bit，精度 ±2LSB，変換時間 50μS
TTL レベル入出力インターフェイス	PIO-16/16T(98)　　コンテック㈱
入 力 部 形 式	非絶縁 TTL レベル入力，抵抗 3KΩ 入力点数　16点（内2点は割込み使用可） （使用点数　6点，内1点を割込み使用）
出 力 部 形 式	非絶縁オープンコレクタ 出力点数　16点（使用点数　2点）
D/A 変換インターフェイス	PC98DA　　宝和産業
ディジタル入力	12bit binary
アナログ出力	0～+10V，0～100mA，−10～+10V，−10～+10mA 選択可
そ の 他	タイムベースジェネレータ，マイクアンプ，モニタアンプ　等

イクアンプ，A/D変換器（12ビット）などを附加し，出力部は逆にD/A変換器（12ビット）とスピーカアンプなどを附加したもので，これらの制御は入出力インターフェイス基板を介して行うようになっている。外観を**図1**に，システム構成の概略を**図2**に示す。

音声入出力部の主なハードウエアは，基板類がコンテック社の12ビット A/D 変換インターフェイスおよび信号制御用の入出力インターフェイス，宝和産業社の12ビット D/A 変換インターフェイスであり，これらはいずれも日本電気のマイコンPC-9801の拡張用スロットに実装してある。このほかマイクアンプ，サンプリングパルス発生器，パルスカウンタなどは上記基板類の性能に合わせて製作して，入力部，出力部に分けて小型のアンプケースにまとめた。音声データ量は1秒間で20KBと膨大な量になるのでICM社のハードディスクユニット（記憶容量20MB）を使用してデータを収録すると共に処理の高速化を図っている。これらの機器の性能を**表1**に掲げる。

3. 入出部の構成と動作

この装置の音声の入力部と出力部のブロック図をやや詳細に示したのが，**図3**（入力部），**図4**（出力部）である。マイコンは全体で1台であるが図を分かりやすくするため両方に記載した。

音声入力部については，**図3**に示すようにマイコンと外部機器は A/D 変換インターフェイス，入出力インターフェイスを介して接続されている。マイコンへの制御信号は A/D 変換インターフェイスからの変換完了信号および出力データカウンタからの出力と，ゲート回路からの割込み用サンプリングパルスおよび音声入力スイッチの出力である。マイコン側からの制御信号は A/D 変換インターフェイスへの変換開始信号とカウンタのクリアおよびゲート回路の制御用として使われている。

音声出力部については，**図4**に示すようにマイコンと外部機器は D/A 変換インターフェイスと入出力インターフェイスを介して接続されている。点線の内部は音声入力部と共用されている。ただしカウンタは使用されない。D/A 変換インターフェイスの出力は，±10V のバイポーラ出力なので，分圧減衰したうえフィルタを通して電力増巾しスピーカで出力される。

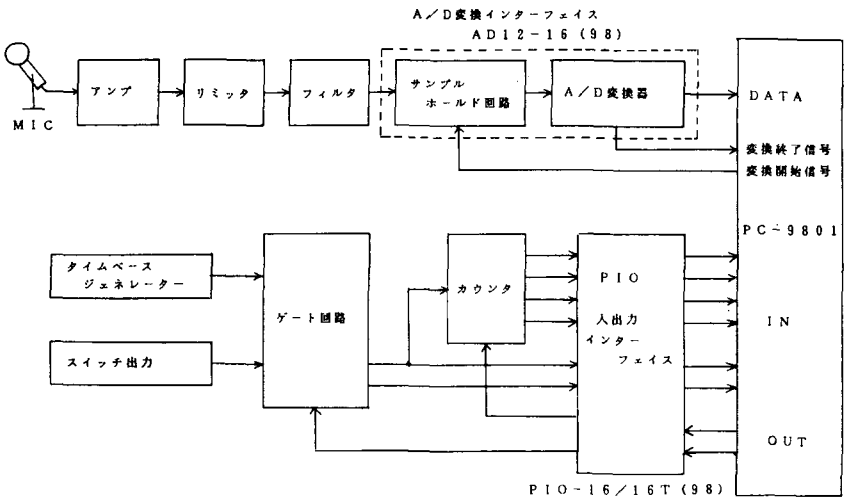


図3 音声入力部の構成

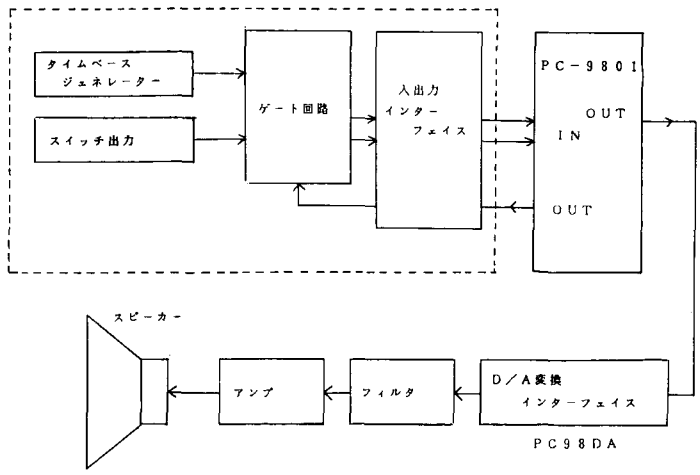


図4　音声出力部の構成

3.1　音声入力部の動作

図3について動作をいま少し説明しよう。マイクより入力された音声波形は，まずマイクアンプ，リミッタなどで A/D 変換器の制限入力 ±10V 内に収められ，さらに 5KHz のローパスフィルタを経てサンプルホールド回路に送られる。ここで 100μS の間隔でサンプルホールドされた信号が，A/D 変換器を通して 12ビットのディジタル信号となり，100μS 毎にマイコンにとり込まれる。

図3の下半分は信号のとり込みを制御する部分である。タイムベースジェネレータはサンプリング用の 10KHz を常時発生している。音声入力スイッチを押すと，ゲート回路から 10KHz のパルス信号が出力され，必要なデータをとり込んだ後もう一度押すとパルス信号が停止しとり込みが終るようになっている。カウンタはこの間のパルス信号の数をカウントしており，これはマイコンでモニタされている。カウンタのクリア信号はキーボードから送るようになっている。(このカウンタの出力は後でのべるデータの補間処理作業に重要な役割をする。)

このようにして入出力インターフェイスからは音声入力期間中 100μS に 1 回の割合でマイコン側に割込み信号が送られることになる。ここでマイコン側では割込み処理ルーチンへと処理が移り手順に従ってデータのとり込みが行なわれる。

3.2　音声出力部の動作

図4で D/A 変換インターフェイス (12ビット) から 100μS 毎に出力される信号は，±10V のバイポーラ出力なので，このままでは大きすぎるため，分圧減衰して 5KHz のローパスフィルタを通したのち増巾しスピーカから出力される。音声の制御操作には，入出力インターフェイスなど入力時と共通の機器を使用するが，入力か出力かの切替えはマイコンのキーボード操作で行うようになっている。

4.　ソフトウェア

音声の入力や出力をマイコンの画面を見ながら手軽に行うには，そのためのハンドリング・ソフトが必要となってくる。これらは主に日本電気の N_{88}DISK-BASIC (86) を使い，A/D

変換や D/A 変換，入出力インターフェイスの制御には PC-9801 モニタ上のアセンブラを使用した。このハンドリング・ソフトの全体の構成は**図 5** のようになっている。

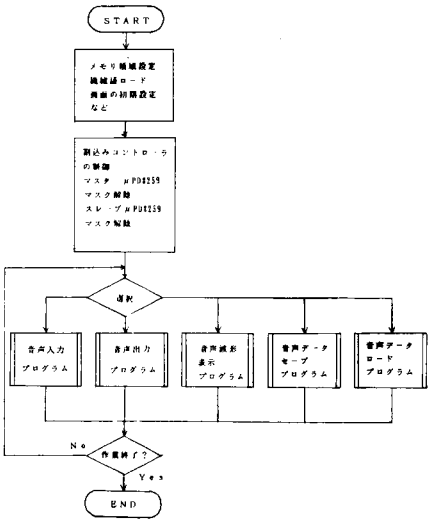


図 5　ハンドリング・ソフトの構成

主要部分は，音声入力，音声出力，音声波形表示，音声データセーブ，音声データロードの5つのパッケージから構成されている。まず始めに各種初期設定および割込みコントローラのマスク解除などの処理が終わると，ディスプレイにメニューが表示され，コマンド待ち状態になり，必要なパッケージを選択することができる。これらの各プログラム・パッケージの機能は次の通りである。

音声入力プログラム……音声データを必要な長さだけ入力する。
音声出力プログラム……音声データの必要な部分を音声として出力する。
音声波形表示プログラム……音声波形を画面に表示する。
音声データセーブプログラム……音声データをハードディスクに書き込む。
音声データロードプログラム……音声データをハードディスクより読み出す。

4.1　音声入力プログラム

大量のデータを高速処理するため，このプログラムは機械語で構成されている。レジスタの退避，データ記録用のセグメントのサイズ設定，レジスタ初期設定などが終了すると割込み待ち状態となり，音声信号とり込みの準備が完了する。ここで 100μS 毎の割込み信号（INT 6 レベル）がくると，処理は割込み処理ルーチンに移る。音声データを 1 個 A/D 変換して格納すると元のプログラムに戻り，ここで音声入力が ON 状態を継続しており，かつバッファに余裕のあることを確認の上，次のデータの変換・格納へと繰り返し処理が行われる。

4.2　音声出力プログラム

このプログラムは，マイコンのメモリ上のデータを 100μS 毎に D/A 変換して，連続音声として出力するためのものである。内容は BASIC と機械語で書かれている。まず最初に BASIC による割込みベクターテーブルへの登録，割込みコントローラのレジスタのクリアなどの初期設定が終ると，処理は音声出力用の機械語サブルーチンへ移る。

ここではまずレジスタの退避，セグメント設定，レジスタ初期設定などを行ったのち割込み待ち状態になる。ここまでの過程は前述の入力の場合と同じである。ここで 100μS の割込み信号（INT 6 レベル）がくると，D/A 変換用の割込み処理サブルーチンに移る。データは，D/A 変換器の入力仕様（12ビット）に合うよう整形された後，D/A 変換器から 1 個出力される。これが確認されると処理は元のルーチンにもどり，すべてのデータが出力され終るまでこの操作をくり返すようになっている。

5. データの欠落とその補間法

以上のようにして，音声データは正確に 100μS 毎にマイコンに送り込まれる筈であるが，実際にこのまま音声を出力してみると，原音よりやや高い調子で発声時間も若干短かい。ディスプレイ上に表示して調べてみると，本来あるべきデータ数より約 15 %程少ないことがわかった。ほぼ 7 個に 1 個欠落があるわけである。調査の結果マイコン側には，われわれの音声とり込み用の INT 6 レベルの割込みよりも優先度の高い割込み（クロック，画面の走査，DRAM のリフレッシュなど）が相当数走っており，これと音声用割込みが重なった時には，音声用は無視され，A/D も働かずメモリーにも格納されず，その分だけデータ数が少なくなることが分かった。対策をハード，ソフト両面から検討したが，マイコンのような小型機で DRAM を使うものでは，連続音声を完全にとり込むことはハード的に不可能であるとの結論に達した。従って，この部分をソフト的にデータ補間する方法をとることにした。

このデータ補間のためのソフトウェアを**図 6**，**図 7** に示す。補間の手順として，まずカウンタ（**図 3** 参照）で INT 6 レベルの割込み信号の回数を監視しておき，A/D 変換命令が無視された場合には，欠落部分にひとまず一定のダミーデータ（FFFF）を書き込んでおく。こうしておいて，あとでダミーデータ（欠落部分）を補間するわけである。

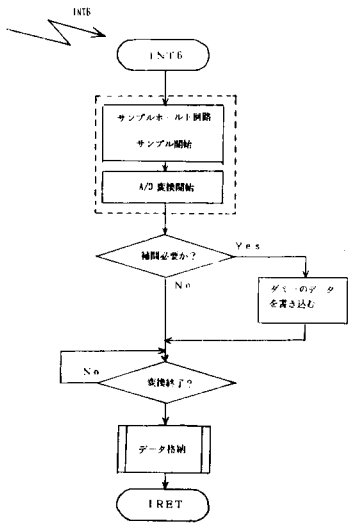


図 6　ダミーデータの書き込み

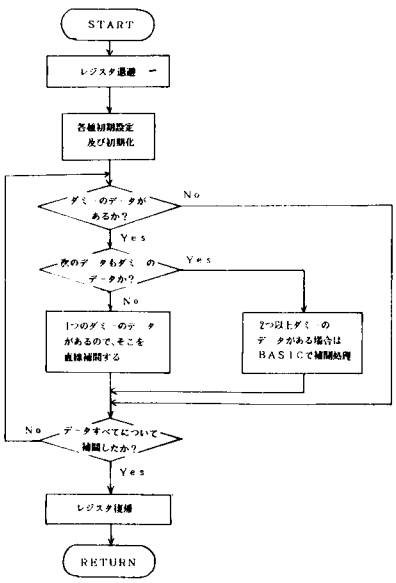


図 7　データ補間

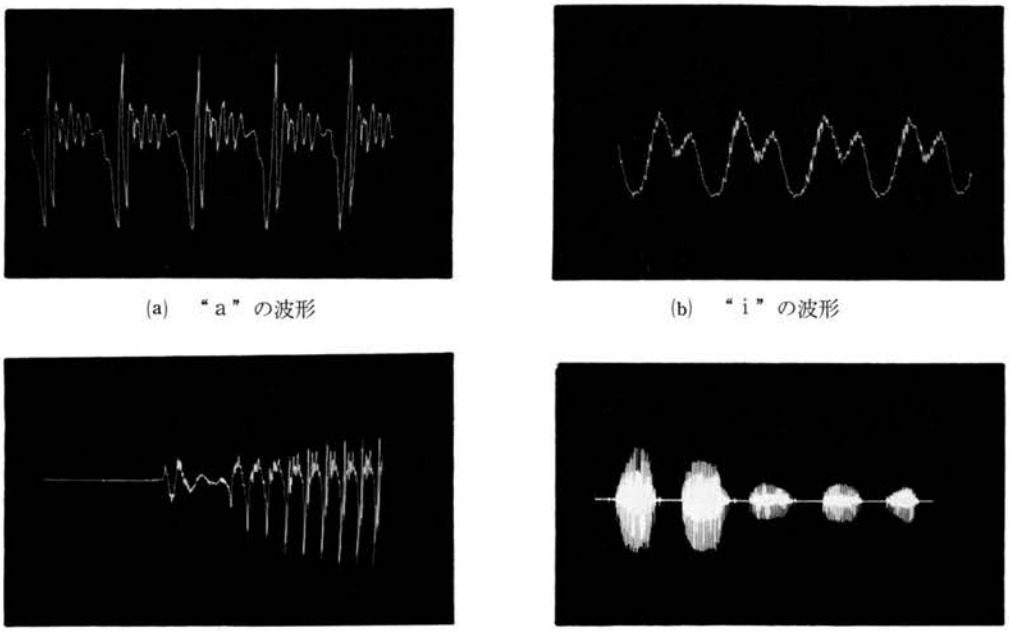
データの欠落状況をディスプレイ上で引きのばして調べてみると，7～8個に1個単独で欠落しているケースが大部分であり，連続して欠落するのは1秒間に数回で，それも最大10個位であることがわかった。補間のプログラムは高速処理を必要とするので機械語を使って直線補間しているが，欠落が多く計算が複雑な場合はBASICによっている。

6. 実験結果

この装置を使って音声の入力実験と出力実験を行った。いずれも，目的とする音声データの収録と再生には十分な優れた性能を示した。以下にその結果を示す。

6.1 音声入力実験

マイコンの容量 384KB の内 256KB（4セグメント）を用いて入力実験を行った。1データは2バイトなので，サンプリング間隔 100μS で一度に約13秒間のデータが収録できる。**図8**は“アイウエオ，カキクケコ……”のように音声を入力し，後で波形表示プログラムを使ってディスプレイに示したものである。この例のように，必要部分の切り出しや，スケールの伸縮は簡単にできるようになっている。



(a) “a”の波形　(b) “i”の波形

(c) “ka”の波形　(d) 青い家“aoiie”の波形

図8 入力された音声波形の例

6.2 音声出力実験

入力された音声について，データ補間プログラムを通してから再生試聴実験を行った。音声は十分明瞭であり，また発声者個人の声の特徴もよく再現されていた。

この装置を使って音素片編集合成の実験も試みた。予め“ア”，“イ”，“ウ”，“エ”，“オ”，“カ”，“キ”，“ク”，……と発声して登録しておき，キーボードを，例えば“akaikaki”（赤い柿）と押せばそのまま音声が出てきて明瞭度は十分であった。ただこの方式ではアクセントや

イントーネーションをつけるのは無理で，声の自然性はいまひとつであった。

7. 検　　討

この装置で試みたような，欠落データをソフト的に補間する方法は，その対象が今回の音声のように，サンプリング間隔に比してゆるやかに変化するケースでは極めて好都合であった。試みにデータ欠落のまま再生した音声を試聴してみたが，これでも明瞭度は十分良好であった。ただ欠落分だけ周期が圧縮されて，声が高くなり，本人の声の特徴も消えて，誰の声かわからなくなった。また全体に高周波ノイズが乗ったような感じであった。この場合，画面に波形を出して観察しても，全体にやや圧縮されているだけで，正常な場合と区別できなかった。視覚と聴覚とは感受性の方向が違うことを改めて認識した。

8. む す び

今回試作したマイコンによる音声の入出力装置は比較的良好な性能を示した。特にマイコンのような小型の低コストのコンピュータでは，ハード的制約のためデータ欠落が生ずるので，このためにソフト補間の方法が手軽で有効であることがわかった。今後は補間ソフトの改良高速化やデータ処理のためのソフトの拡充整備を予定している。

貴重な資料をご提供頂いた京大工学部坂井利之教授，卒業研究として本装置を製作した　澤幸夫君（三菱重工），協力して頂いた中村政宏君（松下電産）に感謝の意を表します。

参 考 資 料

1. 「高速アナログデジタル変換モジュール AD12-16(98) 解説書」　コンテック
2. 「PIO-16/16T(98) No. 9107 取扱説明書」　コンテック
3. 「D/A コンバータ（PC98DA）取扱説明書」　宝和産業
4. 「PC-9801 ユーザーズマニュアル」　日本電気